

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора

Паламарчука Ігоря Павловича

*на дисертаційну роботу **Гракова Олексія Павловича***

*«**Інтенсифікація процесу тепломасообміну при сушінні лохини**»,*

поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії галузі знань 14 –

«Електрична інженерія» за спеціальністю 144 – теплоенергетика

На розгляд подано дисертаційну роботу, що складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Основний зміст дисертації викладено на 157 сторінках друкованого тексту, який містить 57 рисунків та 11 таблиць; список використаних джерел складається із 102 найменувань, серед яких 64 належить закордонним виданням та лише 7 опубліковані у минулому сторіччі; 1 додаток розміщений на 6 сторінках.

1. Актуальність теми дисертації

Ягідна галузь в Україні стрімко розвивається. Все більшої популярності набуває лохина, яка добре відома своїми протипухлинними, протизапальними та протидіабетичними властивостями. Оскільки зберігання ягід у свіжому вигляді є коротким, потребує спеціальних умов і енерговитрат на процес зберігання, то актуальним є пошук нових шляхів продовження терміну їх придатності як харчового продукту. Одним із таких є застосування технологічного процесу сушіння для максимального збереження вихідних якостей плодово-ягідної продукції.

Традиційно процеси сушіння рослинної сировини відносяться до одних із найбільш енерговитратних. Враховуючи складну енергетичну ситуацію в Україні, зниження та збереження енергії є актуальним питанням. Тому дисертаційна робота «Інтенсифікація процесу тепломасообміну при сушінні лохини» з метою зменшення витрат енергії на процес зневоднення є актуальною та важливою як із точки зору енергетичної галузі, так і з харчової – збереження біологічно активних речовин продукції, що висушується.

Тому розробка конструктивно-технологічних схем реалізації процесів сушіння продукції та матеріалів з ефективними схемами комбінованої конвективно-терморадіаційної обробки відкриває широкі перспективи розвитку означених процесів та обладнання та має безумовну **актуальність** і практичну цінність.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Виконана робота відповідає Закону України від 12 жовтня 2010 р. №2623 – 14 «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки», основні положення її були викладені у межах держбюджетних тематик 1.7.1.879 «Наукові засади підвищення енергоефективності теплотехнологій при зневодненні колоїдних капілярно-пористих матеріалів» (ДР 0112U002650), 1.7.1.897 «Інтенсифікація тепломасопереносу при зневодненні колоїдних капілярно-пористих матеріалів

та розроблення енергоефективного сушильного обладнання». Доробки дисертанта складають проведення та опрацювання результатів експериментальних досліджень, аналіз та обробку дослідних даних, підготовку публікацій.

3. Загальна характеристика роботи.

Хочу відзначити наявність у дисертації глибокого та ґрунтовного експериментального аналізу досліджуваних процесів сушіння та обладнання для його реалізації.

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання досліджень, які чітко за змістом та кількістю відповідають основним висновкам дисертації; наведено наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, зазначений особистий внесок здобувача, представлені апробації результатів досліджень.

До зауважень при викладенні вступу можна віднести те, що 1 пункт наукової новизни більше стосується практичної цінності роботи, 2, 3, 4 пункти вимагають уточнення використання відповідного наукового методу дослідження.

Перший розділ роботи містить достатньо глибокий критичний аналіз існуючих технологій сушіння рослинної продукції, зокрема, лохини, процесів та обладнання для їх реалізації. Досить докладно представлені основні параметри процесів сушіння при використанні камерних та тунельних апаратів; при реалізації теплообміну конвективним, радіаційним та комбінованим шляхом. Показані основне сушильне обладнання, на базі якого проводились експериментальні дослідження. Слід відзначити проведений детальний, інформативний та водночас лаконічний аналіз комбінованих технологій сушіння лохини, що дозволив представити основні напрями та тенденції розвитку досліджень з метою підвищення енергоефективності даного процесу сушіння.

До зауважень при викладенні 1 розділу можна віднести:

- *не думаю, що потрібний такий детальний опис існуючих технологій та обладнання для терморадіаційного та камерного сушіння (стор.51 - 63);*
- *на рисунках 1.1 – 1.4 спостерігається досить дрібний шрифт текстової інформації, що значно утруднює їх розпізнання*
- *спостерігається дублювання тексту стосовно мети та завдань досліджень, що був наведений у вступі.*

У **другому** розділі традиційно представлені експериментально-вимірвальна база досліджень, дана характеристика об'єкта та предмета досліджень, показані основні методологічні аспекти оцінки головних факторів досліджуваних процесів сушіння; представлено методи обробки результатів досліджень. планування наукових досліджень та методологічні аспекти його реалізації.

До зауважень при викладенні 2 розділу можна віднести:

- *традиційно даний розділ потрібно розпочинати формулюванням програми проведення теоретичних та експериментальних досліджень, що дало би змогу системно підійти до вирішення поставлених у дисертації завдань;*
- *назва підрозділу 2.4 окреслює лише один пункт досліджень серед всіх наведених у ньому;*
- *висновків після методичного розділу можна не давати, так як вони не несуть елементів наукової новизни; та представлені як констатація факту.*

У **третьому** розділі дисертант представляє дослідження попередньої підготовки лохини до сушіння. Досить наочно та ґрунтовно показані проведені мікроскопічні дослідження впливу попередньої підготовки лохини на клітинну оболонку паренхімної частини ягід; представлена ефективність гіротермічної обробки і обробки інфрачервоним випромінюванням для реалізації даної технології. Зокрема, застосування ступеневого режиму зміни температури теплоносія при сушінні гіротермічно оброблених ягід лохини дозволило істотно скоротити загальну тривалість зневоднення.

Далі наводиться докладний інформаційний комплекс стосовно дослідження та аналізу кінетики конвективного та інфрачервоного сушіння, що дозволило обґрунтувати енергоефективні режими обробки; відзначити вплив комбінованого сушіння ягід лохини на енергетичні витрати.

У результаті чисельного моделювання колоїдних капілярно-поритих матеріалів показано, що розрахункова модель в цілому задовільно описує характер процесу конвективного сушіння.

Такими ж ґрунтовними виявились проведені дисертантом дослідження стосовно обґрунтування розроблених комбінованих режимів сушіння свіжої лохини; ефективності застосування інфрачервоного випромінювання за допомогою ламп потужністю 100 Вт з тепловим потоком 3800 Вт/м²; який дозволяє інтенсифікувати досліджуваний процес тепломасообмінної обробки.

До зауважень при викладенні 3 розділу можна віднести:

- *можна було б більш докладно представити розроблену експериментальну модель устаткування;*
- *висновків після розділу приведено забагато, враховуючи те, що можна було б об'єднати та систематизувати надану інформацію, зокрема, пункти 3, 4 та 5; 12 та 13; 14, 15 та 16; хоча слід відзначити практично відсутність констатації фактів у даних пунктах, їх обґрунтованість цифрою інформацією за результатами досліджень.*

У **четвертому** розділі представлено результати досліджень із визначення коефіцієнту набухання та відновлюваності отриманих антиоксидантних порошків з ягід лохини; використання даного критерія оцінки для обґрунтування робочих режимів обробки. Проведено достатньо глибокий

аналіз показника активності води, приведений розрахований параметр її оцінки, вплив даного параметру на перебіг процесу сушіння та якість готового продукту; доведено, що досліджувані зразки ягід лохини виявляють стабілізуючу здатність для харчових систем, що сприяє подовженню терміну зберігання харчових продуктів.

З метою проведення техніко-економічної оцінки досліджуваних процесів дисертант провів розрахунок ефективних режимних параметрів теплоносія конвективного та комбінованого сушіння, величини погодинних витрат енергії за весь процес, що дозволило обґрунтувати розроблену технологію одержання антиоксидантного барвника з ягід лохини.

Серед зауважень до 4 розділу можна віднести те, що знову, на мій погляд, можна було б об'єднати та систематизувати надану інформацію у пунктах 2 та 3; 4 та 5.

Висновки до дисертації містять узагальнені наукові та практичні результати, отримані автором у процесі виконання дисертаційної роботи. Усі поставлені задачі чітко прослідковуються в основних висновках, як кількісно, так і якісно.

До зауважень при викладенні основних висновків можна віднести наступне:

- *на мій погляд, забагато пунктів представлено для остаточної оцінки результатів досліджень;*
- *пункти 10 та 12 містять елементи констатації фактів;*
- *напрошується на підкріплення цифровою інформацією пункт 5;*
- *вважаю ефективним об'єднання пунктів 10, 11 та 12.*

Мова дисертації українська, стиль викладення логічний, послідовний, з використанням загальноприйнятої науково-технічної термінології.

Дисертація оформлена відповідно до вимог ДАК України.

5. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових досліджень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Дисертація є логічною і аргументованою науковою працею, яка виконана з урахуванням сучасного рівня технологій сушіння плодово-ягідної продукції при застосуванні конвективної, терморадіаційної та комбінованої теплопередачі у досліджуваних процесах, розробленої відповідної техніки для їх реалізації.

Мета роботи та задачі для її досягнення повністю відповідають представленим результатам досліджень. Висновки і рекомендації, що сформульовані дисертантом, підтверджуються матеріалами експериментальних досліджень, публікаціями у наукових виданнях, у тому числі й закордонних. Результати дисертації були апробовані на 10 наукових фахових конференціях.

На підставі вищевикладеного обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, які містяться в дисертації, не викликає сумнівів.

6. Достовірність та новизна наукових положень, отриманих у дисертації

Достовірність і обґрунтованість результатів досліджень та отриманих висновків забезпечена використанням сучасних експериментальних установок для сушіння, зокрема, для реалізації конвективного та терморадіаційного теплообміну; методик досліджень, методів математичного моделювання та статистичної обробки експериментальних даних з використанням комп'ютерних програм; що підтверджені апробацією отриманих результатів на наукових конференціях різних рівнів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

- на основі експериментальних досліджень обґрунтовано оптимальну температуру зневоднення ягід замороженої та свіжої лохини; визначено вплив комбінованого сушіння ягід лохини на енергетичні витрати та якість; обґрунтовані енергоефективні способи підготовки лохини до сушіння за величиною природнього воскового нальоту;
- на основі теоретичного аналізу процесу зневоднення ягід лохини визначено залежність питомої теплоти випаровування води з оброблених інфрачервоним випромінюванням ягід лохини від її відносної вологості під час сушіння при різних температурах; обґрунтовано, що підвищення теплоємності пов'язане з фазовим переходом захисної воскової плівки;
- при використанні в якості критерію оптимізації досліджуваного процесу числа Ребіндера була проведена техніко-економічна оцінка проведених у дисертації досліджень, що обґрунтовує ефективність розроблених режимів сушіння;
- визначено та досліджено коефіцієнт набухання та здатність до відновлювання висушених ягід лохини, що обґрунтовує ефективність розроблених комбінованих режимів їх обробки;
- визначено показник активності води для сушених ягід лохини за різних технологічних параметрів сушіння, який відносить лохину до харчових продуктів із низькою вологістю;
- за результатами проведеного чисельного моделювання процесу сушіння колоїдних капілярно-пористих матеріалів були складені системи рівнянь, що адекватно описують процес масоперенесення у колоїдних капілярно – пористих матеріалах.

7. Практичне значення результатів дисертаційної роботи

Практичну цінність даної роботи відображають наступні чинники:

- розроблена технологія сушіння лохини з комбінованим конвективно-інфрачервоним теплообміном;
- розроблені енергоефективні способи підготовки лохини до сушіння, які дозволили зменшити природній восковий наліт;

- отримані експериментальні дані з теплоємності та теплоти випаровування вологи з попередньо оброблених ягід лохини, що дозволяють визначити критерії оптимізації процесу сушіння та вибрати на їх основі енергоефективні режими обробки.

8. Повнота викладення основних результатів дисертації в опублікованих працях.

За матеріалами дисертації Гракова О.П. опубліковано 17 наукових робіт, у тому числі: 3 статті у наукових спеціалізованих виданнях України, перелік яких затверджено МОН України; 1 стаття представлена у виданні, яке включено до міжнародної науково-метричної бази SCOPUS; 1 стаття розміщена у колективній монографії закордонного видання; 1 стаття у наукових виданнях України; 11 тез доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

Вважаю, що вказані публікації повністю відображують дисертаційну роботу та відповідають її змісту.

Аналіз публікацій здобувача дозволяє зробити висновок, що вони в достатній мірі освітлюють результати дисертаційного дослідження.

9. Основні загальні зауваження до змісту дисертаційної роботи

За змістом та оформленням дисертаційної роботи поданих для рецензування, можна відзначити наступні зауваження.

1. Зауваження до окремих розділів представлено у загальній характеристиці роботи.

2. У представленій меті наукової роботи не прослідковується шляхів досягнення вказаного результату.

3. Пункти наукової новизни не структуровані, що передбачає об'єднання окремих пунктів, чітке представлення використаного наукового методу дослідження.

4. Відсутня інформація стосовно практичної апробації результатів досліджень.

5. Нечітко прослідковується відповідність поставлених у дисертації завдань та сформульованими основними висновками.

6. Прослідковуються у роботі певні термінологічні неточності, зокрема, є незрозумілим «вібраційний стан молекул» (стор.76), правильним буде процес «бланширування»: походить від французького «blanchir» - «обдати кип'ятком»

Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам

Дисертаційна робота Гракова Олексія Павловича на тему «Інтенсифікація процесу тепломасообміну при сушінні лохини», відповідає паспорту спеціальності 144 – теплоенергетика.

Наведені у відгуку зауваження не зменшують загальне позитивне враження про виконану автором роботу.

Представлена дисертаційна робота Гракова О.П. є самостійною завершеною науковою працею, яка містить нові науково обґрунтовані результати стосовно підвищення енергоефективності процесу сушіння ягід лохини, збереження якісних характеристик даної продукції за конвективного та інфрачервоного теплообміну в окремоті та у комбінованому застосуванні.

За актуальністю обраної теми, обсягом та змістом виконаних досліджень, ступенем обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірністю і новизною, а також повнотою їх викладення в опублікованих працях дисертаційна робота відповідає необхідним вимогам МОН та ДАК України, а її автор, Граков Олексій Павлович, заслуговує на присвоєння йому наукового ступеня доктора філософії галузі знань 14 – «Електрична інженерія» за спеціальністю 144 – теплоенергетика.

Офіційний опонент –

*доктор технічних наук,
професор кафедри процесів і обладнання
переробки продукції АПК Національного
університету біоресурсів і природокористування
України Міністерства освіти і науки України*

І.П. Паламарчук

19.10.2023

